

*Frs. Prof Thiede*

GEOLOGISCHES INSTITUT  
der Universität zu Köln



JORN THIEDE ✓

## **Zum modernen geologischen Erdbild**

Vortrag von  
Professor Dr. rer. nat. Eugen Seibold  
Präsident der  
Deutschen Forschungsgemeinschaft

Veranstaltung der  
**Kölner Rohstoffrunde**  
am 8. Dezember 1982

---

**Verlag Glückauf GmbH**

**Kölner Rohstoffrunde am 8. Dezember 1982**

---

**Professor Dr. rer. nat. Eugen Seibold**  
Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft

## **Zum modernen geologischen Erdbild**

Mit einer Würdigung von Professor Dr. phil. Gerhard Bischoff  
zum 75. Geburtstag von

**Professor Dr. phil. Martin Schwarzbach**

langjähriger Direktor des Geologischen Instituts  
der Universität zu Köln

---

Verlag Glückauf GmbH · Essen · 1983

---

Diese Broschüre ist beim Geologischen Institut der Universität zu Köln erhältlich.

---

Sonderdruck aus Glückauf-Forschungshefte 44 (1983) H. 2, S. 57/63  
Copyright 1983 by Verlag Glückauf GmbH  
Franz-Fischer-Weg 61, D-4300 Essen 13, Telefon (02 01) 1 05-1  
Redaktion: Dr. H.-J. Rummert

## Gerhard Bischoff

### Würdigung zum 75. Geburtstag von Professor Schwarzbach

Meine Damen und Herren,

Herr Schwarzbach wurde gestern 75 Jahre alt. Er hat mir ausdrücklich verboten, eine Laudatio zu halten. Er sagte dazu, daß er ja bereits zum 65. und 70. Geburtstag entsprechend geehrt worden sei. Ich muß dazu bemerken, daß es mir relativ leicht fällt, mich diesem strikten Verbot zu unterwerfen, denn was soll man denn sonst zum 80., 85. oder 90. Geburtstag noch sagen, wenn die Tradition fünfjähriger Ehrungen erhalten bliebe. Das meine ich sehr ernsthaft, denn vor einigen Tagen kam ein Mitarbeiter zu mir und meinte wörtlich: „Komisch, der Schwarzbach ist in den letzten sieben Jahren nach seiner Emeritierung immer jünger geworden.“ Nun, das ehrt auch mich, denn schließlich existiere ich in diesem Institut Tür an Tür mit Herrn Schwarzbach und habe mir alle Mühe gegeben, ihn von allen Querelen im Hause zu verschonen. Nur so kann ich mir erklären, daß er noch 1980 in seinem Buch über Alfred Wegener mir „beste — sozusagen nachbarliche Grüße“ ausrichten läßt.

Sie sehen, meine Damen und Herren, daß wir unseren Emeritus im Geologischen Institut schonen. Letzteres tun wir aber auch aus ureigenstem Interesse. Denn irgendwo haben wir, die Jüngeren, natürlich auch die Hoffnung, einmal in den Werken des jetzigen Geologie-Historikers Martin Schwarzbach erwähnt zu werden. Wie sich das dann anhören wird, kann man anhand seiner bisherigen Schriften über andere wohlwollend entnehmen. Da steht zum Beispiel: „Die Putzfrau im Geologischen Institut sagte nach einer Fernsehsendung über die Erdbebenstation: Herr Professor, so lange und so nahe habe ich Sie noch nie gesehen . . .“ Und ein Vorübergehender meinte vor der Situation: „Muß dat ein gemütliches Leben sein, wo doch so selten mal ein Erdbeben ist.“

Aufrichtig berichtet er aus einem wohl vertraulichen polizeilichen Zeugenprotokoll: „Martin Schwarzbach, Einkommen geregelt, Vorstrafen angeblich keine!“

Schließlich sind auch seine engsten Vertrauten in seinen Schriften liebenswert bedacht worden. 1947 erhielt er von einem Teilnehmer an einer Bescheiden-Exkursion, der er sich wegen Fiebers nicht anschließen konnte, einen Brief mit den Worten: „Ihre liebe Frau Gemahlin hat ihre Sache glänzend gemacht . . . Wir haben Sie, Herr Doktor, eigentlich überhaupt nicht vermißt.“



Auch sich selbst sieht er kritisch. In einer Vorlesung im dunklen Raum — so sagt die mündlich überlieferte Anekdote — stand Martin Schwarzbach mit erhobenem Arm: „Meine Damen und Herren, hier sehen Sie einen Triboliten — Herr Müller, leuchten Sie mich doch bitte einmal an . . .!“

Martin Schwarzbach kann über sich selbst lachen. Nach einem Vortrag unter anderem über den Zuckerhut von Rio de Janeiro bekam er am nächsten Tag gleich drei Zuckerhüte zugeschickt und stellte lakonisch fest: „Ich muß gestehen, daß der Name für den brasilianischen Zuckerhut gut paßt.“ Ähnlich tiefschürfend schreibt er auch über die Trennung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln von der Philosophischen Fakultät, daß er diesen Schritt bedauert habe, denn „schließlich hätte er manchen geisteswissenschaftlichen Habilitationsvortrag viel besser verstanden als den einen oder anderen jetzt bei uns“.

Als Dekan war er nicht ohne List. Zum Beispiel wollte die neugegründete Naturwissenschaftliche Fakultät partout nicht von der Drucklegung der Doktorurkunden in lateinischer Sprache ablassen. Auch Martin Schwarzbach konnte sich nicht recht entschließen und meinte, das sei eigentlich für die Doktoranden nachteilig, „denn man könne auch ein mit ‚Rite‘ bestandenes Doktordiplom durchaus in die gute Stube hängen, da die lateinische Note doch niemand verstünde . . .“. Aber schließlich mußte er als Dekan die Fakultät überzeugen. Er stellte deshalb eine wohlinstudierte Frage auf lateinisch. Niemand in der Fakultät hatte sie verstanden. Die Frage lautete: „Wollen wir die Doktorurkunde zukünftig in deutscher Sprache drucken lassen?“ Somit war der Fall entschieden!

Ich darf keine Laudatio halten, lieber Herr Schwarzbach, das habe ich Ihnen versprochen. Ich darf aber erwähnen, daß andere Sie für die deutsche Geologie sprechen ließen. Vor zwei Jahren hielten Sie in Berlin den einleitenden Vortrag auf der Internationalen Gedächtnisveranstaltung für Alfred Wegener, demjenigen deutschen Wissenschaftler, der vor mehr als einem halben Jahrhundert die Ideenwelt der Plattentektonik begründete. Auf die harten Kritiker, zu denen die anerkanntesten Wissenschaftler der deutschen Geologie gehörten, wiesen Sie mit den Worten hin: „Man muß vielleicht sogar sagen, es war ein Glück, daß Alfred Wegener kaum geologische Vorlesungen gehört hat, denn sonst wäre er möglicherweise gar nicht auf einen so ungewöhnlichen, unkonventionellen Gedanken gekommen.“

Meine Damen und Herren, ich bin einmal nach einer Fakultätssitzung von einem Kollegen auf die Wissenschaftlichkeit und Rangfolge der Disziplinen in der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät angesprochen worden. Meine Antwort darauf war: „Diese Probleme hat die Geologie nicht; die Geologie ist eine Kunst!“

Lieber Herr Schwarzbach, ich mußte Ihnen auch versprechen, heute kein Geschenk zu machen, das mehr als 10 DM kostet — wir haben zäh mitein-

ander verhandelt. Wie immer in Notfällen muß man sich also etwas einfallen lassen. Deshalb kamen die Mitarbeiter des Instituts auf die Idee, Ihnen heute die Nachbildung Ihres Geologenhammers zu überreichen, der auf so vielen Fotografien die Maßstäbe dieses Instituts gesetzt hat. Möge er Ihnen viele weitere Jahre Begleiter sein. In all Ihren Schriften habe ich einen Satz gefunden, in dem Sie über sich selbst etwas Grundfalsches schreiben, nämlich daß Sie „immer hören müßten, wie schön es sei, Emeritus zu sein, ohne zu bedenken, daß dieser Zustand mit dem Preis des Alters erkaufte ist“. Lassen Sie mich deshalb die Worte des Mitarbeiters wiederholen: „Der Schwarzbach ist in den letzten sieben Jahren nach seiner Emeritierung immer jünger geworden.“

Meine Damen und Herren, es war ein Zufall, daß vor einem Jahr die KÖLNER ROHFSTOFFRUNDE um einen Vortrag zum modernen geologischen Erdbild bat. Wir freuen uns, daß das Thema zum heutigen Tage so gut paßt, noch dazu aus so berufenem Munde.

# Eugen Seibold

## Zum modernen geologischen Erdbild

Unser heutiges Erdbild wurde tiefgreifend und nachhaltig geprägt, ja verändert durch den Blick aus dem Weltraum. Wer denkt dabei nicht an die Erdbilder, die der Mensch seit dem 21. Juli 1969 vom Mond aus aufgenommen hat! Sie machen uns schon optisch bewußt, daß unser Erdball ein geschlossenes System ist, daß er Grenzen hat. Angesichts der Bevölkerungsexplosion in weiten Teilen der Erde führt dieses Bewußtsein zu geradezu dramatischen Fragen. Sie sind alle globaler Natur, doch dürfen wir nie vergessen, daß sie die Menschheit mit sehr verschiedenem Gewicht treffen, randlich oder tödlich, je nach der regionalen Umwelt mit ihrem unterschiedlichen Klima, ihrer Bodengestalt, ihren Rohstoffen von den Böden und dem Wasser an der Oberfläche bis in die derzeit zugänglichen Tiefen, mit verschiedenem Gewicht, je nach der Auffassung vom Sinn des Lebens in ihrer Verwobenheit mit religiöser, kultureller, wirtschaftlicher Tradition und Entwicklung.

Globale Fragen auch an den Erdwissenschaftler sind heute bekanntlich: Wie soll die wachsende Menschheit ausreichend ernährt werden? Wie soll man sie mit Rohstoffen und Energie versorgen? Wohin mit den Abfällen? Wie tolerant ist die sogenannte natürliche Umwelt gegenüber menschlichen Eingriffen? Und dabei: Was würde sich verändern, auch wenn es keine Menschen gäbe?

### Was ist?

Wir sind noch weit davon entfernt, auf diese Fragen schlüssige Antworten zu geben, denn wir wissen noch viel zu wenig, was heute in der Natur da ist, und noch weniger, was heute in ihr vorgeht. Uns fehlen vor allem quantitative Daten. Wieviel Erdöl und Erdgas ist noch in den Sedimentbecken der Welt enthalten? Wieviel fossiles Grundwasser? Wie schnell und wie unterschiedlich kommen die verschiedenen Verbindungen der Mineralstoffdünger in den Boden, ins Grundwasser, ins Meer? Im modernen Sprachgebrauch: Morphologische Hochlagen werden von den Tieflagen durch ständige Materialverlagerung »ausgebeutet«. Sie belasten diese aber auch bei zu rascher Stoffzufuhr. Fehlende Niederschläge und damit fehlende Vegetation reduzieren die Flußfracht, steigern die Windfracht. Das Gegenteil, reichlich Regen und dichte Vegetation, reduzieren beides. Dazwischen also muß die maximale Sedimentzufuhr liegen. Wo dazwischen? Unter welchen Umständen? Wieviel Zufuhr? Bei welcher Morphologie, bei welchen Gesteinen? Seltene Ereignisse, gar Katastrophen, prägen sich in der

Natur wie in unserem Lebenslauf tiefer ein und manchmal auch aus als das alltägliche Geschehen. Beides hat der Erdwissenschaftler im Auge. Was ist wichtiger? Unter welchen Bedingungen? Heilt das endlose Hin und Her des Wassers am Meeresstrand die episodischen Sturmschäden?

Doch nun zu den neuen Methoden der quantitativen, zumindest der exakten Bestandsaufnahme, die zu solchen Daten führen können. Heute verwenden wir Satelliten, um die Erdgestalt exakt zu bestimmen. Sie ist bekanntlich dadurch recht kompliziert geworden, und wir drücken uns deshalb vor einer geometrischen Kurzformel wie Kugel oder Sphäroid oder Kardioid, indem wir schlicht vom »Geoid« sprechen. Mit Radar- oder Lasermethoden kann die Lage des Meeresspiegels vom Weltraum aus gemessen werden. Sie ist offensichtlich gekoppelt mit den großen Zügen des ozeanischen Reliefs, mit Rücken und Gesenken, ja mit den submarinen Einzelbergen. Und mit Tauchbooten kann heute submarin kartiert werden, falls bei kompliziertem Relief vorher genaue Tiefenkarten erstellt werden. Seit 1978 kann hierzu auch die Wissenschaft das Seabeam-Verfahren einsetzen, das, computergesteuert, Seekarten direkt nach Überfahren an Bord ausdruckt.

Satelliten- und Flugzeugbilder enthüllen tektonische Strukturen oder Gesteinsunterschiede bis in erstaunliche Details hinein. Ein Beispiel: Laser-induzierte Fluoreszenz-Methoden regen Uranoxide an, so daß gehofft wird, deren Verbreitung am Boden aus der Luft bestimmen zu können.

Aus der Luft blicken wir immer weiter und detaillierter in den Untergrund hinein, in dem wir von oben die Schwere, magnetische oder thermische Parameter messen. Wir durchstoßen damit Deckschichten aus Gletscher-, Fluß- oder Wüstenablagerungen. Und doch steht und fällt die Deutung all dieser Befunde mit dem Vergleich mit den klassischen Verfahren der Feldgeologie, der Beobachtung am Boden. Weiterhin unentbehrlich bleiben also die geologische Karte und das Kartieren, ohne das man niemals ein Geologe werden kann. Auf sie müssen sich alle abgeleiteten Karten für die Exploration und für Umweltplanungen stützen. Die Oberfläche ist auch vielfach der direkte Schlüssel für die obersten Kilometer des Untergrunds. Im Schichtstufenland können wir bis zum Grundgebirge „geistig bohren“, durch dünne wie durch dicke Bretter. Was ist, wird auf diesen Karten also dargestellt und kann auch direkt nachgeprüft werden.

Schwieriger bleibt bekanntlich die Deutung der geophysikalischen Befunde aus dem Untergrund. Unser neues geodynamisches Erdbild, auf das noch näher eingegangen werden wird, geht im wesentlichen auf seismische und magnetische Messungen vom Schiff aus zurück, etwa durch J. Ewing und Mitarbeiter seit 1961. Der Computer läßt zunehmend die erhaltenen Daten besser und nach neuen Richtungen hin auswerten. Im Feld wie im Labor sehr aufwendige dreidimensionale Verfahren wurden eingeführt. Immer besser werden die Verfahren, um von Schallgeschwindigkeiten und -stär-

ken auf Gesteine und ihre Mächtigkeiten, ja auf die Porenfüllung zu kommen.

Immer größer wird die Eindringtiefe für seismische Experimente. Tiefe Reflexionsseismik ergab im unteren Mississippi-Gebiet Strukturen bis 5 km Tiefe, was die dortigen Erdbeben besser verständlich macht, ergab auch viele sogenannte listrische Verwerfungen, die nach der Tiefe hin immer flacher einfallen. In Sibirien sollen systematische Untergrund-Nukleartests derartige Informationen aus bis zu 400 km Tiefe erbracht haben.

Kein Wunder, daß vielerorts systematisch darangegangen wird, das »Was ist?« auch für den tieferen Untergrund zu erfragen. In den USA läuft das COCORP-Programm (Consortium for Continental Reflection Profiling), das viele Überraschungen brachte. In Großbritannien laufen derzeit seeseismische Untersuchungen des BIRPS (British Institutions Reflection Profiling Syndicate) in der Irischen See, nachdem um Schottland detaillierte Strukturen bis 40 km Tiefe aufgezeichnet werden konnten. Die European Science Foundation bereitet die Europäische Geotraverse vor, ein Streifen vielfältiger Untersuchungen vom Nordkap bis Tunesien. Bisher verdichtet sich der Verdacht, daß die kontinentale Kruste viel komplizierter gebaut ist als angenommen (Bild 1). Natürlich ist die ozeanische Kruste wesentlich einfacher aufgebaut, da sie viel jünger ist, viel weniger deformiert wurde und petrologisch viel gleichförmiger ist als die kontinentale Kruste.

All dies wird zunächst nur indirekte Hinweise geben. Wie bei der Erdölgeophysik braucht man letztlich das Gestein und die Porenfüllung selbst, um wirklich sagen zu können, was ist. Diese Einsicht hat bekanntlich zu den Tiefseebohrungen geführt, mit denen auch die Geologie zu einer »big science« geworden ist. Big nach den faszinierenden wissenschaftlichen wie technischen Ergebnissen, big nach den Kosten, big aber auch im Teamwork und der wissenschaftlichen wie praktischen und technischen Organisation. Dies mußte auch zu Konsequenzen für die Kontinente führen. Daher zum Beispiel die sowjetischen Tiefbohrungen. Auf der Halbinsel Kola wurden in einer 1970 begonnenen Bohrung jetzt 12 km erreicht und dort Temperaturen von rund 200 °C gemessen. Man hatte vermutet, in rund 7 km basaltische Gesteine anzutreffen, steht aber noch heute in granitischen! Das Ziel ist 15 km Bohrtiefe. Daher der Plan deutscher Tiefstbohrungen, der zusammen mit der Wegener-Stiftung Fortschritte macht. Und dazu die Philosophie der Franzosen, daß die Oberflächenkartierung, die Hauptaufgabe aller geologischen Dienste, nach über einem Jahrhundert in Europa im wesentlichen bald abgeschlossen sein dürfte und die Herausforderung der nächsten Jahrzehnte darin besteht, die Tiefen zu kartieren.

Was ist? Was geht vor? Wir wissen heute, daß sich der Pol der Erdrotation im Jahr um einige Zentimeter verlagert, und dies mit Perioden von 12 bis 14 Monaten. Wir glauben, daß dies auf die Verlagerung der Lithosphärenplat-

ten und die Veränderungen der Eismassen zurückgeht. Wir wissen, daß sich auch diese Platten um Zentimeterbeträge im Jahr gegeneinander oder auseinander bewegen und nehmen als Ursache Bewegungen im Erdmantel an. Wir registrieren aus der Luft, am Boden, im Untergrund Vulkanausbrüche, Erdbeben, Hangrutsche, Überschwemmungen und wissen bei alledem, was grundsätzlich vorgeht — was tatsächlich vorgeht, aber meist erst nach dem Ereignis. Wir kennen viele grundlegende physikalische Gesetze, die die heutigen geologischen Vorgänge bestimmen; noch viel zu wenig aber das Gewicht einzelner Faktoren, die uns zu besseren quantitativen Angaben führen können.

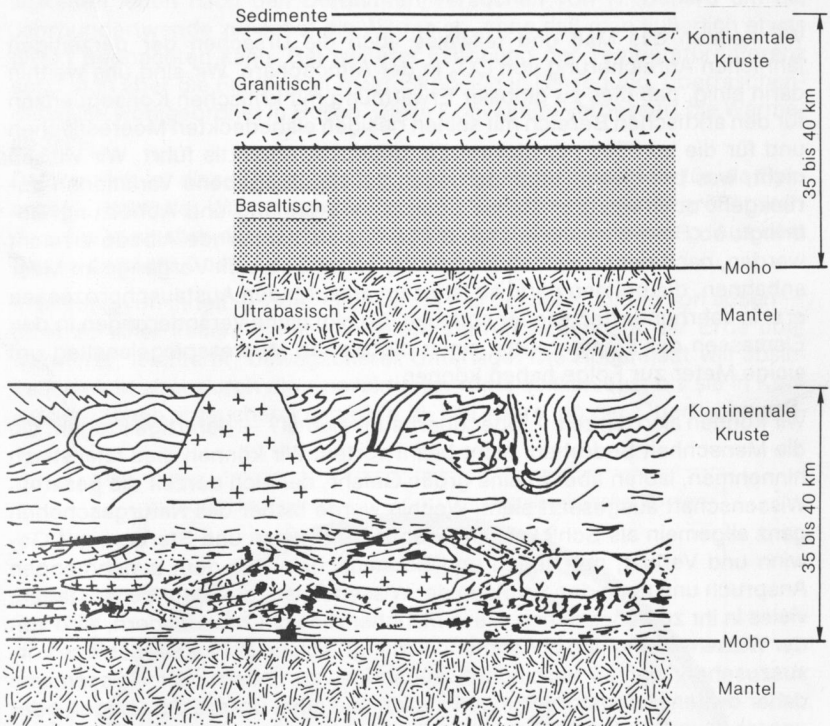


Bild oben: Herkömmliches Modell der kontinentalen Kruste: Unter einer dünnen Decke von Sedimenten folgen die granitischen und dann die basaltischen Lagen der Kruste, jeweils deren halbe Mächtigkeit ausmachend. Die Grenzregion zum Erdmantel ist die Mohorovičić-Diskontinuität (Moho).

Bild unten: Neues Krustenmodell mit drei Zonen. Oben: Suprakrustales und granitische Gesteine. Mitte: Migmatite. Unten: Andesitische Gesteine. Das Wesentliche dieses von S. B. Smithson (1978) vertretenen Modells sind die lateralen Verschiedenheiten. Aus Science 216 (1982) S. 691.

Bild 1. Verschiedene Modelle der Erdkruste.



## Was wird?

Nur wenn wir das Heute besser verstehen, können wir es wagen, auch an das Morgen zu denken, und uns fragen: Was wird? Ich plädiere also für eine Aktuo-Geologie mit dem Blick nach vorn.

Wir sind recht gut in der Lage, Gebiete zu definieren, in denen Hangrutsche auftreten können, Vulkanausbrüche, Erdbeben, doch selten wann. Am erfolgreichsten sind noch die Warnungen vor Tsunamis, da ihre physikalischen Bedingungen im freien Ozean und an den so unterschiedlichen Küsten gut bekannt sind. Wir können aber auch da erst warnen nach der Auslösung, nach den Erdbeben um den Pazifik herum.

Wir kennen das Maß und teilweise auch die Ursachen der derzeitigen jährlichen Anreicherung von  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre. Wir sind uns weithin darin einig, daß dies zu globaler Erwärmung mit kritischen Konsequenzen für den arktischen Bereich mit seinen riesigen eisbedeckten Meeresflächen und für die zu 95% mit dickem Eis bedeckte Antarktis führt. Wir wissen nicht, was bei diesen Veränderungen auf naturgegebene Variationen zurückgeht oder was der Mensch durch Verbrennung und Abholzung einbringt; ob Schwellenwerte etwa durch das sich ändernde Albedo erreicht werden, nach denen Selbstverstärkung eintritt; ob sich Vorgänge im Meer anbahnen, die bei den darin so langsam ablaufenden Austauschprozessen erst in Jahrhunderten wieder abflauen, ob plötzliche Veränderungen in den Eismassen der Westantarktis einen plötzlichen Meeresspiegelanstieg um einige Meter zur Folge haben können.

Wir können also derzeit — oder überhaupt einmal? — derartige Fragen, die die Menschheit bedrohen, nicht beantworten. Wir können dies fatalistisch hinnehmen, laufen aber in eine große Gefahr, der sich derzeit die gesamte Wissenschaft ausgesetzt sieht. Weithin wurde bisher das Naturgeschehen ganz allgemein als Schicksal angesehen, mit Leben und Sterben, mit Gewinn und Verlust, mit Regen und Sonnenschein. Mit dem zunehmenden Anspruch und auch den Erfolgen der Wissenschaft, die Natur zu verstehen, vieles in ihr zu beherrschen, sie in mancher Hinsicht zu verändern, wird von der Wissenschaft auch zunehmend verlangt, solche Schicksalsschläge vor auszusehen, gar zu verhindern, zumindest zu lindern. Wir müssen uns daher diesen Herausforderungen stellen und auch unsere derzeitigen oder unsere grundsätzlichen Grenzen erkennen und sie auch bekennen.

Was also tun bei der Frage: Was wird? Wir Geologen müssen bei dieser Frage zum Teil radikal umdenken. Wir alle sind geprägt durch den Grundsatz, daß die Gegenwart der Schlüssel für die Vergangenheit ist. Wir alle fühlen uns unserer zentralen Frage verpflichtet, die Erdgeschichte aufzuklären und auch mit diesem Wissen Anstöße für die Anwendung zu geben. Für viele von uns tritt diese Frage bei der täglichen Berufsarbeit auch in den Hintergrund. Dieser Hintergrund ist aber allgegenwärtig, notwendig und



gibt unserem Erdbild erst die Tiefe. Umgekehrt: Bei der Frage »Was wird?« muß für uns die Vergangenheit mit zum Schlüssel für die Gegenwart und auch für die Zukunft werden.

### Was war?

Sie alle wissen, wie sehr sich dieses Erdbild der Vergangenheit in den letzten drei Jahrzehnten gewandelt hat, welche Fülle von neuen Erkenntnissen uns vor allem die Ozeane geliefert haben. Sehr vereinfacht kann man die Erde bekanntlich als Wärmemaschine ansehen, die durch radioaktiven Zerfall instabiler Isotope von innen erwärmt wird. Von unten erhitzte Flüssigkeiten leiten nach den berühmten Versuchen von H. Bénard um die Jahrhundertwende zunächst die Wärme ab, ohne daß man äußerlich etwas direkt beobachten kann. Bei weiterer Erhöhung der Temperaturdifferenz setzt sich aber die Flüssigkeit makroskopisch in Bewegung, überraschenderweise wohlgeordnet in Rollen. Diese Konvektion verbessert die Wärmeabgabe.

Bekanntlich ist diese Rollenbildung eines der Paradebeispiele für die Synergetik. Nach der Wärmelehre sollte ja die Unordnung immer größer werden. Sie kann aber durchbrochen werden durch Strukturbildung. Aus dem Chaos entsteht Gestalt, entsteht Ordnung.

Erhitzung von innen — oder in unserem Fall besser Kühlung von außen — führt zu einer kalten, daher schweren, starren Außenhaut der Erde über wärmerer, leichter, beweglicherer Unterlage. Die Außenhaut will absinken, weicht aber durch die Konvektionsströme seitlich aus, bis sie in Konvergenzzonen abtauchen kann (Bild 2). Die starre, an der Oberfläche seit-

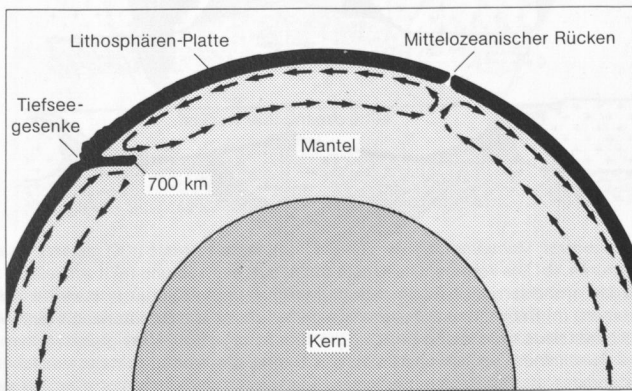
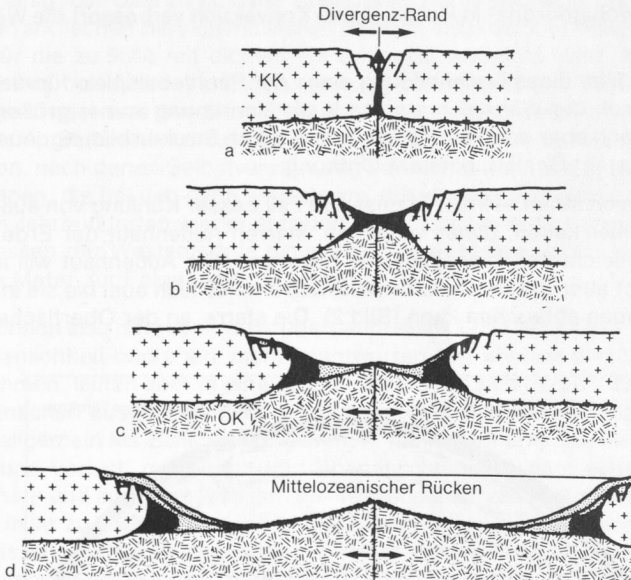


Bild 2. Hypothetische Konvektionsströme im oberen Erdmantel. Sie erzeugen das Auseinanderdriften der Ozeanböden und die Verlagerung der Kontinente. Aus Berger und Seibold: The Sea Floor. Heidelberg, 1982.

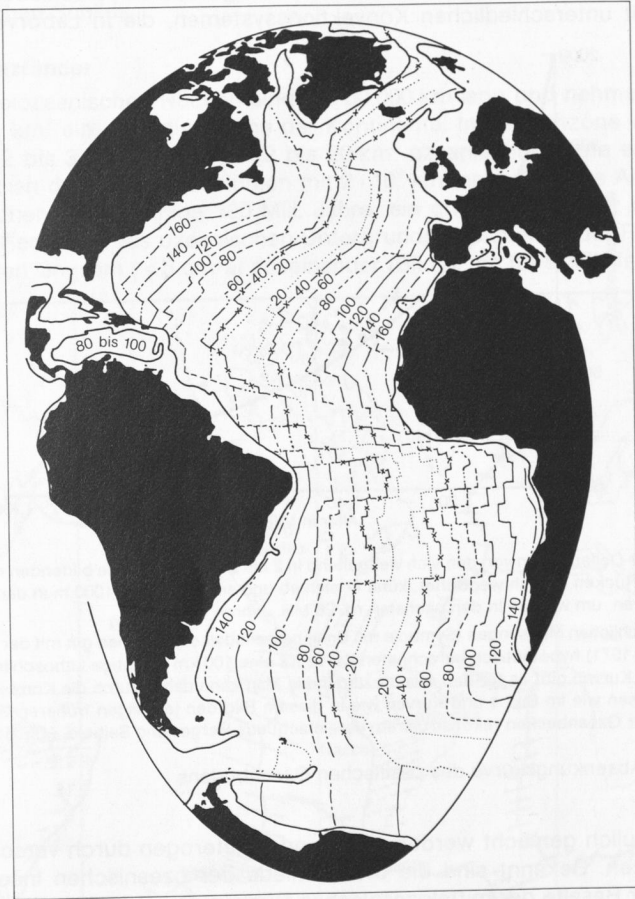
lich driftende Außenhaut sind die Lithosphären-Platten mit einer Mächtigkeit von rund 100 km. Sie werden auf der darunter folgenden duktileren sogenannten Asthenosphäre des Erdmantels bewegt. Konvektionsströme nach oben steigen in den mittelozeanischen Rücken aus dem Erdmantel auf. Sie führen dort Wärme und basaltisches Magma zu, was nicht ohne flache Erdbeben und gelegentliche Vulkanausbrüche abgeht. Die Basalte erstarren und bilden die ozeanische Erdkruste. Sie füllt die Lücke, die die divergierenden Platten hinterlassen: Die Ozeanböden driften auseinander (Bilder 3 und 4), kühlen dabei weiter ab und sinken tiefer (Bild 5). Das Wesentliche: Wir haben jetzt klarere, sogar quantitative Vorstellungen für den Grund- und Aufriß, also für die Paläogeographie der Ozeanbecken und für die Lage der Kontinente seit dem Perm. Es war ein Triumph des Tiefsee-Bohrprojektes, daß diese Vorstellungen seit einem Jahrzehnt bewiesen werden konnten, dies durch die Kombination vieler Methoden.



Durch Aufsteigen von Mantelmaterial wird (a) die kontinentale Kruste (KK) gezerrt. Es entstehen Grabenstrukturen. (b) Die kontinentale Kruste dünnt aus, sinkt ab und reißt schließlich auseinander. Es werden grobe terrigene Sedimente und vulkanisches Material, in manchen Fällen auch Salze abgelagert. (c) Bei weiterem Auseinanderdriften steigt Mantelmaterial bis zum Meeresboden auf und bildet neue ozeanische Kruste (OK). Das heutige Rote Meer gleicht dieser Situation. (d) Hält das Auseinander an, erweitert sich das Gebiet der an den mittelozeanischen Rücken neugebildeten ozeanischen Kruste. Sedimente lagern sich darauf ab, vor allem an den beiden Kontinentalrändern. Das sind — nicht maßstabgerecht — die Verhältnisse im heutigen Atlantik. Aus Berger und Seibold (1982) S. 38.

Bild 3. Auseinanderdriften der Ozeanböden.

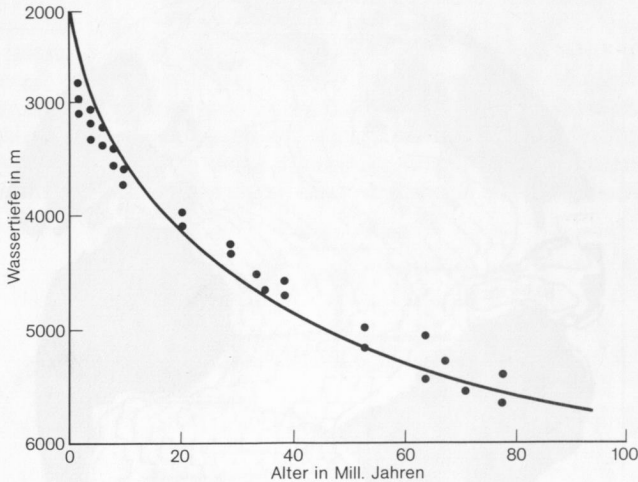
Weniger weiß man bis heute von den abtauchenden Konvektionsströmungen an den konvergierenden Plattenrändern. Weniger weiß man über die Natur der Grenzregion Kruste-Mantel, der sogenannten Mohorovičić-Discontinuität (Bild 1), und noch weniger weiß man vom Erdmantel selbst. Er



Dieses Alter wurde durch paläomagnetische Methoden (periodische Umkehr des Erdfeldes), wenige absolute Altersdatierungen der Basalte und Extrapolationen bestimmt. Es wurde danach in Bohrkernen mit den ältesten auf der Kruste abgelagerten Sedimenten mit paläontologischen Methoden vielfach bestätigt. Die Karte zeigt das allmähliche seitliche Wachstum des Atlantiks, läßt aber auch durch Zusammenrücken dessen Rekonstruktion für die Erdgeschichte der letzten rund 160 Millionen Jahre zu. Aus Berger und Seibold (1982) S. 31.

Bild 4. Geologisches Alter der ozeanischen Kruste im Süd- und im Zentralatlantik in Mill. Jahren.

aber macht 84% des Volumens und 68% der Erdmasse aus. Er ist das Hauptreservoir für Stoff und Energie. Er steuert gesteinsbildende Prozesse und Krustenbewegung. Ist er homogen, chemisch mit den Steinmeteoriten gleichzusetzen wie im chondritischen Erdmodell? Es mehren sich Publikationen, die ihn heterogen auffassen. Heterogen durch verschiedene Schalen mit unterschiedlichen Konvektionssystemen, die in Laborversuchen



Wenn der Ozeanboden von den sich weitgehend in 2 bis 3 km Wassertiefe bildenden mittelozeanischen Rücken seitlich wegdriftet, kühlt er sich ab und senkt sich um 1000 m in den ersten 10 Mill. Jahren, um weitere in den nächsten rd. 26 Mill. Jahren usw.

Die tatsächlichen Messungen (Symbole mit Unsicherheitsbalken) stimmen gut mit der (von Sclater et. al. 1971) hypothetisch berechneten Kurve für eine 100 km mächtige Lithosphäre überein. Ähnliche Kurven gibt es für den Atlantik und Indik. Man kann daher durch die Kombination von Grundrissen wie im Bild 4 und Kurven wie in diesem Bild den jeweiligen früheren Grund- und Aufriß der Ozeanbecken rekonstruieren. Vereinfacht aus Berger und Seibold, (1982) S. 19.

Bild 5. Absenkungskurve des pazifischen Ozeanbodens.

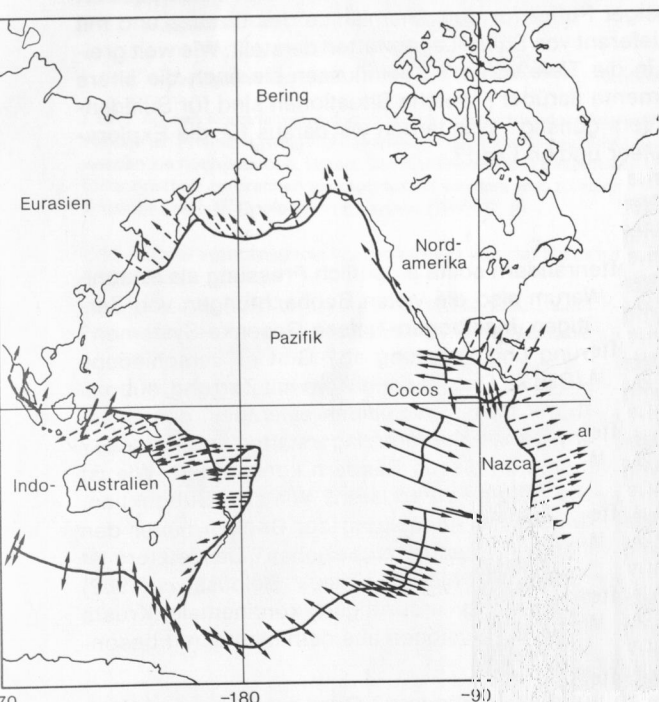
anschaulich gemacht werden sollen, oder heterogen durch verschiedene Provinzen. Bekannt sind die Unterschiede der ozeanischen Inselbasalte und der Basalte der mittelozeanischen Rücken. Die letzteren sind verarmt an inkompatiblen Elementen, sollen daher den weniger primitiven Typ darstellen. Weitere Unterschiede liegen in den Gehalten der leichten Seltenen Erden, was noch divers gedeutet wird.

Die wenigen Boten aus großer Tiefe unter den Kontinenten, die einer direkten Untersuchung zugänglich sind, die Olivinknollen und die Kimberlite, lassen die Vermutung zu, daß metasomatische Vorgänge eine Rolle spielen und daß dabei mobile Elemente und Leichtflüchtiges wichtig sind.

Es gibt Hinweise dafür, daß diese Vorgänge zur Ausdehnung und damit zur Hebung dieser Kontinentteile mit Alkalimagmatismus und Vulkanismus führen, etwa in Südafrika, aber auch in der Westeifel. Erstaunlich hohe Hebungsbeträge erbrachte dort der soeben abgeschlossene Schwerpunkt der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu den Vertikalbewegungen des Rheinischen Schilds.

### Divergenzränder

Die mittelozeanischen Rücken sind um 60 000 km lang und nehmen rund 150 Mill. km<sup>2</sup> ein, also die Fläche der Kontinente. In der Riftzone werden jährlich 2 bis 3, nach anderen 12 bis 20 km<sup>3</sup> ozeanische Kruste erzeugt. Nimmt man deren Gesamtvolumen mit  $2 \cdot 10^9$  km<sup>3</sup> an, so ist das Alter der ozeanischen Kruste einige 100 Mill. Jahre, ein guter Hinweis für das erwähnte Recycling des ozeanischen Untergrunds. Weichen in der Riftzone die Platten langsam ( $< 5$  cm/a) auseinander (Bild 6), so tut sich offensicht-



Die Lithosphärenplatten divergieren vor allem in den mittelozeanischen Rücken, mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten (volle Pfeile). Sie konvergieren an Subduktionszonen (gestrichelte Pfeile), vor allem um den Pazifik. Nach Minster und Jordan J. Geophys. Res., (1978) S. 533/54.

Bild 6. Plattentektonik.

lich ein tiefer Graben auf. Porphyrische Basalte entstehen ohne nennenswerte hydrothermale Aktivität; zum Beispiel im Atlantik. Sind es 5 bis 10 cm/a und mehr wie auf dem ostpazifischen Rücken, so entstehen dichte Basalte, und in deren Risse und Kissen dringt das Meerwasser ein, von unten her werden Wärme und Stoffe zugeführt, etwa  $^3\text{He}$ , das dann im Meerwasser noch in über 2000 km Entfernung als »Wolke« nachgewiesen werden kann.

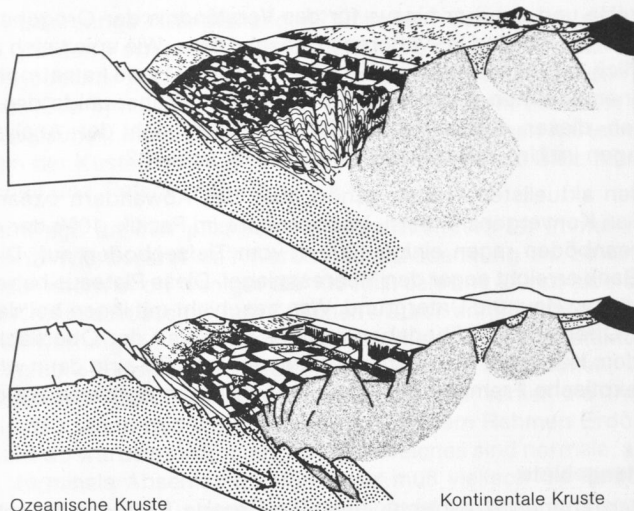
Dies weist auf hydrothermale Quellen hin, an denen aus Tauchbooten Temperaturen bis 350 °C und seit 1977 einzigartige Biota beobachtet werden konnten, die offensichtlich die Nahrung letztlich aus Schwefelverbindungen und ohne Licht — da in 2000 m Tiefe — erwerben können. Massive Fe-, Cu-, Zn-Sulfide wurden geborgen. Solche Stellen sind also im kleinen ein neues Modell für die Entstehung von Erzlagerstätten. Im großen aber werfen sie die Frage auf, ob nicht jeder Tropfen des Ozeanwassers in vielleicht nur 150 000 Jahren durch diese neue ozeanische Kruste passiert — und diese ein riesiger Puffer für den Chemismus des Ozeans und mit den Cl-Komplexen Lieferant von Sulfid-Lagerstätten darstellt. Wie weit greifen diese Prozesse in die Tiefe? 5 km? Beeinflussen sie auch die ältere Kruste und die Sedimente darüber? Welche Situationen sind für Sulfidanreicherungen besonders günstig? Was lernen wir daraus für die Exploration dieser Erze im Meer und an Land?

### Konvergenzränder

An konvergierenden Plattenrändern sollte eigentlich Pressung als tektonischer Stil vorherrschen. Warum also die vielen Beobachtungen von Zerrungstektonik in den heutigen Inselbogen-Tiefsee-Gesenke-Systemen? Wechseln Phasen der Zerrung und Pressung ab? Gibt es verschiedene Typen bei der Subduktion? (Bild 7). Den Marianen-Typ mit Zerrung, submariner Hydrothermal-Aktivität, mit massiven Sulfiden einerseits, den Chile-Typ mit Pressung und porphyrischen Kupfererzlagerstätten andererseits? 90% der großen Erdbeben sind an diesen Rändern konzentriert. Wie ist deren zeitliche und räumliche Abfolge zu erklären? Wie sind Subduktion, Inselbogenvulkanismus, Öffnung und Absenkung der Becken hinter den Inselbögen zeitlich und stofflich aufeinander zu beziehen? Das letztere ist noch das größte Rätsel. Deshalb setzt hier die Kritik V. Beloussovs (1982) und sein Vorschlag der »Ozeanisierung« ursprünglich kontinentaler Kruste durch basische und ultrabasische Intrusionen aus dem Mantel mit besonderem Nachdruck an.

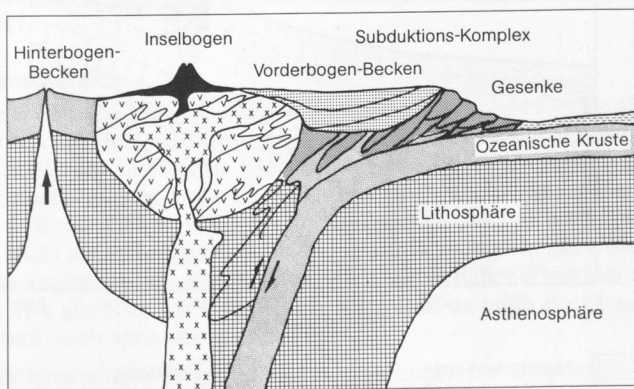
Wachsen Krustenteile an Subduktionsrändern? Oder gehen solche durch »tektonische Erosion« verloren? (Bild 8). Seit 1977 legen dies Bohrungen der Glomar Challenger im Marianen-Graben und vor Mittelamerika nahe. Dies sind alles Fragen nach tektonischem Stil, sedimentären und metamorphen Einheiten, also auch Schlüsselfragen für die Exploration auf Kohlen-





Oben: An den Kontinentalrand wird durch Subduktion der ozeanischen Kruste unter die Kontinentale ein Prisma vorwiegend ozeanischer Gesteine angegliedert. Bei der weiteren Entwicklung werden sie hochgehoben. Unten: Der Kontinentalrand besteht aus kontinentalen Gesteinen, die fortschreitend zerbrechen und subduziert werden, was zu einer Absenkung führt (Tektonische Erosion). Nach B. Coulborn in Episodes (1980) S. 15.

Bild 7. Zwei verschiedene Vorstellungen von der Struktur der Konvergenzränder des Chile-Typs.



Über der Subduktionszone, in der hier ozeanische Kruste an ozeanische stößt, bauen sich vulkanische Inselbögen hoch. Landwärts (links) bilden sich Hinterbogenbecken, deren Entstehung noch unklar ist. Unter anderem wird eine Situation wie im Schema des Bildes 3d diskutiert. Aus Berger und Seibold (1982) S. 43.

Bild 8. Konvergenzrand des Marianentyps.

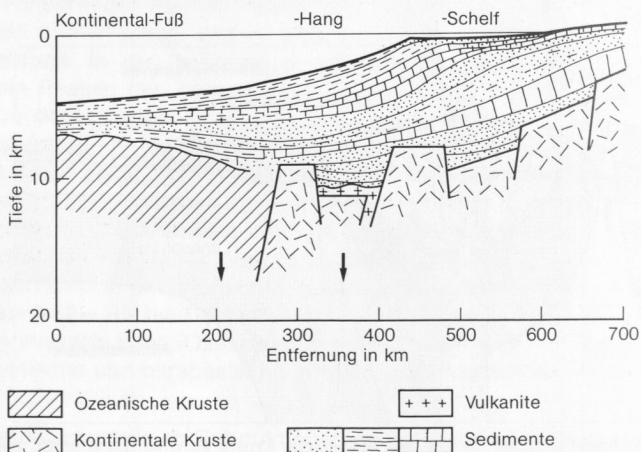


wasserstoffe und darüber hinaus für das Verständnis der Orogene in der Erdgeschichte. Sie sind ja »verlorene Ozeanböden«. Wie spielt sich zeitlich und stofflich der Vulkanismus in diesen Zonen ab? Mit die katastrophalsten Explosionen kommen ja dort vor. Gibt es globale Höhepunkte des Vulkanismus an diesen Konvergenzrändern, wie es nach der Analyse der Aschenlagen im Untermiozän, Pliozän, Quartär scheint?

Mit zu den aktuellsten Fragen gehört aber das Abwandern ozeanischer Plateaus an Konvergenzrändern, insbesondere im Pazifik. 100% der derzeitigen Ozeanböden ragen einige 1000 m vom Tiefseeboden auf. Die Seychellen-Bank erreicht sogar den Meeresspiegel. Diese Plateaus haben sehr verschiedenen Bau und Untergrund. Was geschieht mit ihnen bei der Subduktion? Offensichtlich überleben manche davon an der Oberfläche und werden dem Kontinent als »Terranes« angegliedert. Sie sind dann wirkliche und oft exotische Fremdkörper, etwa im westlichen Nordamerika oder in Japan.

### Intraplattengebiete

Die Platten können ozeanische und kontinentale Krustenteile enthalten (Bild 6). Wo diese beiden innerhalb einer Platte aneinander grenzen, spricht man bekanntlich von den passiven Kontinentalrändern, an denen Erdbeben und aktive Vulkane zurücktreten. Dieser Kontakt ist durch einige (bis 14) km Sediment überdeckt und praktisch erst spekulativ bekannt (Bild 9).



Unter der jüngeren Sedimentdecke verbirgt sich hier das Anfangsstadium, das Auseinanderreißen zweier Kontinente nach der Vorstellung des Bildes 3. Aus Burger und Seibold (1982) S. 42.

Bild 9. Schema eines passiven (Intraplatten-)Kontinentalrands.

Scharf? Übergänge? Gangfüllungen? Schollen? Ozeanwärts sind dagegen mit die größten Fortschritte der letzten Jahre zu verzeichnen: Wir haben jetzt abgedeckte geologische Karten des Basements aus den meisten Ozeanen (Bild 4). Landwärts ist der größte Fortschritt zunächst noch ein psychologischer: Man läßt immer mehr die geologischen Karten nicht wie früher an der Küste enden — und der Rest war schönes Blau. Man bezieht den Schelf und Tieferes mit ein.

Die Kernfrage an den passiven Kontinentalrändern ist immer noch die Subsidenz. Wie begann sie? Warum diese Absenkung bis zu einem Dutzend Kilometern in oft weniger als 100 Mill. Jahren? Dünnt sich die kontinentale Kruste dort aus? Durch Kriechen? Durch antithetische, durch listrische Verwerfungen? Absenkung durch tiefe Krustenmetamorphose? Durch Gabbro-Eklogit-Phasen-Übergänge? Durch Intrusionen, das heißt Ozeanisierung? Durch die Sedimentauflast? Wie verlief die thermische Geschichte? Wann und wo konnte sich in diesem Rahmen Erdöl bilden? Wann und wo wurde es in Erdgas zerlegt? Welches sind normale, anormale, initiale, terminale Absenkungsraten? Hier muß vielfach die Paläontologie weiterhelfen, die uns aus dem Benthos noch viel bessere Tiefenanzeiger für Meeresböden liefern muß. Mit dem Angliedern der »Terranes« an die Kontinente und mit den passiven Kontinentalrändern kommen wir zu einer ersten Brücke zwischen der Geologie der Ozeane und der Kontinente.

Wie kommen aber große Absenkungsbeträge in den Kontinenten zustande? Wie die wenigen dortigen Tiefst-Beben? Was war tektonisch kurz vor, während und nach dem Zerfall der Pangaea auf den alten Schilden los? Ist nur immer die Jugend aktiv, der Ozeanboden? Sind die Platten gar nicht so starr?

### **Tiefseesedimente**

Mit welcher Fülle von Informationen wurden wir in den letzten Dutzend Jahren aus der Untersuchung der Bohrproben der Tiefseesedimente gefüttert! Die Glomar Challenger hat bis Ende 1981 nicht umsonst 612 000 km zurückgelegt und in 1000 Löchern 213 412 m durch den Meeresboden gebohrt! Eine offene Frage daraus: Die Ölprospektion wird bekanntlich immer mehr auf »stratigraphische« Lagerstätten ausgerichtet werden müssen. Die Faziesmodelle des Flachwassers haben dabei erheblich weitergeholfen. Wie steht es damit in der Tiefsee? Gibt es auch dort ausreichend große und auch volle Speicherräume?

Darüber hinaus resultierte aus diesen Bohrungen der Beginn einer echten weltweit gültigen Stratigraphie, der Vorbedingung für die zeitliche Einordnung aller dieser und anderer Prozesse.

Ab Jura und in Annäherung an das jüngere Pleistozän mit zunehmender Genauigkeit der zeitlichen Auflösung kamen unvorstellbare Fortschritte durch die Verwendung der Mikrofossilien, auch der kieseligen Radiolarien

und Diatomeen, durch verbesserte absolute Altersbestimmungen, durch paläomagnetische Verfahren. Für die letzten 500 Mill. bis 600 Mill. Jahre sollen heute rund 300 absolute Datierungen verfügbar sein, also grob eine alle 2 Mill. Jahre. Die Klimastratigraphie aus den weltweit zu spürenden Pulsen von Schmelzwässern in den Warmzeiten ist ein neues Gebiet. Die Eventstratigraphie etwa aus der Untersuchung von Schichtlücken ist ein weiteres. Cuvier mit seiner Katastrophentheorie wird also wieder modern, wenn man an »plötzliche Ereignisse« denkt wie Einschläge von Impaktkörpern und ihre Auswirkungen auf Erdoberfläche und Staub in der Atmosphäre; katastrophische ozeanische Vermischungsvorgänge; Meeresspiegelschwankungen. Wir sind aber noch weit davon entfernt, die Brücke zwischen der Tiefsee- und Flachmeerstratigraphie zu schlagen, der zweiten Brücke zwischen den Ozeanen und den Kontinenten, die die nächsten Jahrzehnte festigen müssen und werden. Mit der verbesserten Stratigraphie und Rekonstruktion der Ozeane bis in die Trias zurück lassen sich alte Meeresräume, Klimazonen, bio-geographische Provinzen zu bisher ungeahntem Leben erwecken.

### **Paläogeographie**

Kontinente und Ozeane wanderten in bezug auf die Pole, damit auch Klimagürtel, Florenbedeckung, Gebiete mit hohem und niedrigem Albedo. Seit 100 Mill. Jahren sind zum Beispiel die subtropischen Wüstenflächen besonders groß geworden. Sind die dadurch vergrößerten Albedo-Werte mit an der seitherigen Abkühlung schuld? Klimaverschlechterung, das heißt Abkühlung an den Polen, verstärkt die Gradienten zum Äquator hin, verstärkt die Zirkulation in der Luft und im Ozean, verschärft die klimatische Breitengliederung. Führt dies allein schon zu ökologischen Nischen und damit zu vermehrter Artbildung?

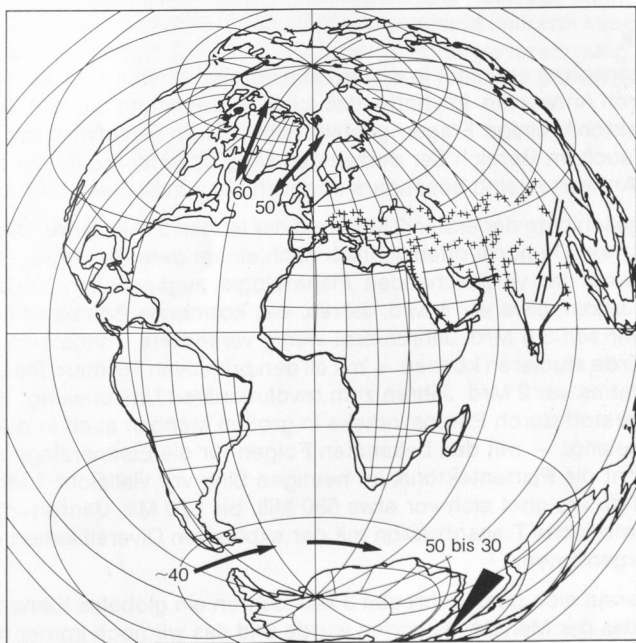
Kontinente zerbrechen. Nimmt dadurch die Kontinentalität des Klimas ab, damit auch die Winterkälte, Eisbildung? Förderte also die Fragmentierung der Pangaea den maritimen, den ausgleichenden Charakter im Klima? Kam es deshalb zu den homogeneren Ozeanen im Jura und in der Kreide? Trennung fördert Endemismen. Ein Glück für die Säugetiere, daß sie sich erst nach dem Zerbrechen der Pangaea und damit in so viele Richtungen entwickeln konnten.

Kontinente zerbrechen: Neue Meeresverbindungen tun sich dadurch auf (Bild 10). Australien trennte sich von der Antarktis vor 37 Mill., Südamerika vor 30 Mill. Jahren. Diese Isolation der Antarktis scheint zu deren Flächenvereisung geführt zu haben und damit zu einer intensiveren Tiefenzirkulation der Weltozeane. Umgekehrt schloß sich die Panama-Region vor 3 Mill. bis 4 Mill. Jahren, wurde im Effekt der Golfstrom verstärkt, brachte Feuchtigkeit in hohe Breiten. Wurde dadurch die arktische Vereisung und damit das volle Pleistozän eingeleitet?

Die heutige hypsographische Kurve zeigt uns, daß eine Absenkung des Meeresspiegels um 200 m 27 Mill. km<sup>2</sup> Land freilegen würde, das heißt 5,3% der Erdoberfläche oder etwa die Fläche Afrikas. Würde der Meeresspiegel um 200 m steigen, würde das Land 37 Mill. km<sup>2</sup> verlieren, also 7,3% der Erdoberfläche, ein Viertel des Festlandes. Regressionen erhöhen also gleichfalls die Kontinentalität des Klimas, Transgressionen dämpfen die Unterschiede, also auch den Wasseraustausch in den Ozeanen.

War deshalb die gewaltige Oberkreide-Transgression die Hauptursache für das weltweite anoxische Zwischenspiel in vielen Ozeanen zwischen 121 Mill. und 94 Mill. Jahren? Ein Zwischenspiel, das jeden Erdölgeologen interessieren muß.

Damit zurück zur Tiefsee. Mit die aufregendsten Ergebnisse der neuesten Untersuchungen an Sedimentkernen sind die Anzeichen, daß im Paläoklima lange Perioden relativer Stabilität von schnellem Wechsel unterbrochen werden. Der Einsatz des Hydro-Piston-Corers brachte für das Känozoikum



Durch die Bewegung der Lithosphärenplatten entstehen neue Meeresverbindungen, hier gezeigt zwischen der Arktis und dem Nordatlantik, und der durchgehende Zirkulationsring um die Antarktis. Flächentreue Lambert-Projektion nach Smith und Briden (1977).

Bild 10. Verteilung der Ozeane und Kontinente vor 40 Mill. Jahren.

immer mehr Hinweise für stufenartige Übergänge. Er verdichtete den Verdacht, daß erdbahnbedingte Periodizitäten von 100 000 Jahren mindestens 1,6 Mill. Jahre, eventuell sogar bis 3 Mill. Jahre, also bis zum Beginn arktischer Eisdecken zurückreichen und 400 000 Jahreszyklen vielleicht 5 Mill. bis 8 Mill. Jahre. Wann werden wir Geologen in der Lage sein, den Klimatologen so genaue Daten zu liefern, daß sie bessere Klimamodelle — und dies auch im Tertiär und in die Kreide hinein — aufstellen können, die unser Fragen und vielleicht auch unser Verständnis weiterbringen?

Ein Letztes: Mit der teilweise erstaunlichen neuen Zeitauflösung im Ozean bis auf 1000 Jahre hinab, mit den neuen Möglichkeiten weltweit zu korrelieren und Gebiete mit kontinuierlicher Sedimentation auszuwählen, werden wir den Paläontologen bessere Möglichkeiten geben, die Evolutionstheorie wieder und wieder zu überprüfen: Additive Typenbildung und beziehungsweise oder sprunghafte?

## Ausblick

Die Wissenschaft schreitet in erster Linie durch Fragen fort, erst in zweiter Linie durch Antworten. Ich hoffe, daß ich in Auswahl und aus der Sicht der Plattentektonik einige Fragen gestellt habe, deren Beantwortung zudem vielfach auch im Bereich der derzeitigen Möglichkeiten zu liegen scheint. Welche Antworten sind besonders dringlich? Nur zwei seien hier erwähnt:

Die Erdgeschichte der ersten 3 Mrd. und der letzten 3 Mill. Jahre. Die ersten 3 Mrd. Jahre: Da hörte offensichtlich nach einem dem Geologen nur über den Umweg der vergleichenden Planetologie zugänglichen Vorlauf von  $1\frac{1}{2}$  Mrd. Jahren, etwa vor 4 Mrd. Jahren, das kosmische Bombardement auf, so daß wir seit 3,8 Mrd. Jahren erst wenig veränderte, »älteste« Gesteine auf der Erde studieren können — mit all den primitiven Formen des Lebens. Da kommt es vor 2 Mrd. Jahren zum revolutionären Umschwung, dadurch daß Sauerstoff durch Photosynthese in großen Mengen auch in die Atmosphäre gelangt — mit den bekannten Folgen für die Eisenerzlagerstätten. Da beginnt die Plattentektonik im heutigen Sinn vor vielleicht 1 Mrd. Jahren, und da ereignet sich vor etwa 530 Mill. bis 570 Mill. Jahren die weltweite kambrische Transgression mit der explosiven Diversifikation der höheren Organismen.

Und da braut sich umgekehrt seit 3 Mill. Jahren ein globales Klima zusammen, in das der Mensch geworfen wurde und das wir noch immer nicht so gut verstehen, um Prognosen wagen zu können. Vordringliche Antworten brauchen wir auch auf die Frage, wie schnell all diese und andere Prozesse ablaufen und abliefen. Kontinuierlich? Diskontinuierlich? Das führt uns zum heutigen Leitmotiv zurück, zur Vergangenheit als Schlüssel für Gegenwart und Zukunft.

Selbst wenn es sich endgültig herausstellen sollte, daß Periodizitäten bei Erdbeben, Vulkanausbrüchen, Klimaschwankungen zeitlich klar zu fassen sind, wird es sich jeweils um Zufallsstatistik handeln, die die Voraussage von einzelnen Ereignissen verbietet. Man denke an die viel zu kurzen Erdbebenzeitreihen in Kalifornien, selbst an die viel längeren im Mittelmeerraum. Und: Wir haben Eiskerne aus der Antarktis, die seit 10 000 Jahren einen Kalender für klimatische Ereignisse, für Pollenhäufigkeit, für die Verbreitung vulkanischer Aschen liefern. Wir haben lange Zeitserien von Jahresschichten vor Eisrändern, unter Auftriebsgebieten, in Seen und eingeeengten Meeresgebieten. Wir müssen aus ihnen oder aus Hartteilen von Pflanzen und Tieren noch viel mehr und viel genauere Informationen haben. Hoffen wir, daß daraus zumindest »das tägliche Leben« abzuleiten ist, daß wir extrapolierbare Rhythmen, daß wir singuläre Ereignisse erkennen und deuten können.

Und ferner: Der Mensch ist im allgemeinen an Voraussagen für morgen, für den nächsten Winter, für das nächste Jahr, für seine eigene Generation, also für ein halbes Jahrhundert interessiert. Der Geologe fühlt sich für längere Zeiträume verantwortlich, findet aber gerade dadurch kaum Gehör. Nach uns die Sintflut! gilt für Warnungen zur Energieversorgung oder im wörtlichen Sinn für die Überlegungen zu einem möglichen Meeresspiegelanstieg.



## Anhang

### **Aufgabenstellung und Mitglieder der Kölner Rohstoffrunde**

Die KÖLNER ROHSTOFFRUNDE ist eine permanente Einrichtung am Geologischen Institut der Universität zu Köln. Sie hat sich zur Aufgabe gestellt, einflußreiche ausländische Persönlichkeiten zu Vorträgen vor einer rohstoffbezogenen Podiumsrunde deutscher Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik einzuladen. Derzeitiger Vorsitzender der Kölner Rohstoffrunde ist Professor Dr. Herbert Lögters.

Die KÖLNER ROHSTOFFRUNDE wird von Wirtschafts- und Industrieunternehmen getragen. Bisherige Mitglieder (Stand 1. April 1983) sind:

Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein e.V., Deminex GmbH, Dorsch Consult GmbH, Exploration & Bergbau GmbH, Grundstofftechnik GmbH, Kali und Salz AG, Wintershall AG, Kleinholz & Co., KWU/Siemens AG, LGA Gastechnik GmbH, Prakla Seismos GmbH, RWE — Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Ruhrgas AG, Ruhrkohle AG, Saarberg Interplan GmbH, Deutsche Schachtbau- und Tiefbohrgesellschaft mbH, Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus, Veba AG, Gewerkschaft Walter, Wirtschaftsvereinigung Bergbau e.V., Deutsche BP Aktiengesellschaft, C. Deilmann AG, Deutsche Shell AG, Preussag AG, Hochtief AG., Schlumberger.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Mineralogisches Institut der Universität zu Köln, Institut für Energierecht der Universität zu Köln, Energiewirtschaftliches Institut der Universität zu Köln, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Forschungsinstitut für Internationale Technische und Wirtschaftliche Zusammenarbeit der TH Aachen.

Die Publikation der Vorträge und Diskussionsbeiträge hat die Zeitschrift „Glückauf“ übernommen. Die zu den Vorträgen einzuladenden Personen und die Themen werden von Vertretern der Mitglieder der Rohstoffrunde ausgewählt.